

ATENUASI MULTIPLE SEISMIK REFLEKSI LAUT MENGGUNAKAN METODE *FILTERING* RADON PADA PERAIRAN X

Muktingtias Diah Ayu Martha Dewi ¹, Oki Hedriana ² dan Agus Setyawan ¹

¹Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang

²ESDM LEMIGAS, Cipulir, Kebayoran Lama, Jakarta Selatan

E-mail: : muktingtias.damd@st.fisika.undip.ac.id

ABSTRACT

Multiple caused by waves that trapped in a layer of sea water or rock layers. The effect information propagation time longer effect as if there is a new layer, thus looping wave reflection. The existence of multiple noise is disruptive and even damaging that complicates interpretation in interpreting seismic that have focused so that multiple seismic cross sections obtained free of multiple. Methods in multiple energy weaken, one of them by using the filtering radon method which, in principle, filtering radon, radon transform of the data pre-stack time-offset domain ($t-x$) in the domain of p -tau ($\tau-p$). In $\tau-p$ domain and the expected multiple primary signal can be distinguished by the speed difference moveoutnya. This study aims to evaluate the response of radon filtering is applied to the conventional method for multiple attenuation. The results obtained from the radon showed multiple filtering methods reduced from previous conventional methods which showed multiple. It shows good effect radon filtering methods to weaken multiple.

Keywords: multiple, Radon filtering, conventional method.

ABSTRAK

Multiple di sebabkan adanya gelombang yang terperangkap dalam lapisan air laut atau lapisan batuan. Informasi waktu rambat gelombang yang lebih lama menimbulkan efek perulangan refleksi yang seolah - olah terdapat lapisan baru. Keberadaan noise multiple bersifat mengganggu bahkan merusak dalam menerjemahkan penampang seismik pada tahapan interpretasi sehingga perlu adanya penekanan multiple. Metode dalam melemahkan energi multiple, salah satunya dengan menggunakan metode filtering radon dimana pada prinsipnya filtering radon mentransformasi data pre-stack dari domain time-offset ($t-x$) ke dalam domain tau- p ($\tau-p$). Pada domain $\tau-p$ di harapkan multiple dan sinyal primer dapat di bedakan dengan perbedaan kecepatan moveout-nya. Studi ini bertujuan untuk mengetahui respon dari filtering radon yang di terapkan pada metode konvensional untuk mengatenuasi multiple. Hasil yang diperoleh dari metode filtering radon menunjukkan multiple berkurang di bandingkan dengan pengolahan metode konvensional sebelumnya yang masih menunjukkan adanya multiple. Hal ini menunjukkan metode filtering radon berpengaruh baik untuk melemahkan multiple.

Kata kunci : multiple, filtering radon, metode konvensional.

PENDAHULUAN

Sesimik refleksi merupakan metode yang dilakukan berdasarkan analisa refleksi gelombang seismik dari lapisan – lapisan batuan bawah permukaan. Refleksi gelombang direkam di permukaan berupa respon *amplitude* dan waktu datang dari masing-masing reflektor [1].

Sumber ledakan yaitu *gun* yang bergetar ke dalam lapisan di bawah permukaan bumi sebagai gelombang seismik kemudian terpantul dan terekam oleh *hydrophone* sebagai data [2]. Perekam tidak hanya merekam pantulan gelombang primer tetapi merekam noise. Salah satu noise yaitu multiple yang terpantul di antara reflektor bawah permukaan [3].

Multiple di sebabkan adanya gelombang yang terperangkap dalam lapisan air laut atau lapisan batuan. Pada proses pemantulan ke atas gelombang seismik, terdapat gelombang yang terpantulkan oleh lapisan bawah permukaan yang tidak langsung tertangkap oleh *hydrophone*, melainkan terperangkap dalam lapisan batuan bawah permukaan, sehingga ketika gelombang ini ditangkap oleh *hydrophone* akan memberikan informasi waktu rambat gelombang yang lebih lama dari gelombang yang langsung ditangkap oleh *hydrophone* sehingga menimbulkan efek seolah olah terdapat lapisan baru [4].

Multiple di bedakan menjadi dua jenis berdasarkan lama waktu penjalaran gelombangnya, yaitu *short period multiple* dan *long period multiple*. *Short period multiple* memiliki waktu tempuh penjalaran gelombang yang lebih cepat dari *long period* dan mendekati sinyal primernya sehingga mengganggu sinyal primer, sedangkan *long period* memiliki waktu tempuh penjalaran gelombang yang lebih lama dimana gelombang *long period* memiliki waktu kedatangan setelah kedatangan sinyal primer [5].

Keberadaan *noise* multiple bersifat mengganggu bahkan merusak dan mempersulit intepeter dalam menerjemahkan penampang seismik sehingga perlu adanya penekanan multiple yang menghasilkan penampang seismik bebas dari multiple. Oleh karena itu, perlu menghilangkan multiple sebelum dilakukan migrasi, inversi, analisa AVO, dan intepetasi stratigrafi.

Metode dalam melemahkan energi multiple, salah satunya dengan menggunakan metode *filtering radon*. Prinsip metode *filtering radon* adalah mentransformasi data *pre-stack* dari domain *time-offset* ($t-x$) ke dalam domain $\tau-p$ ($\tau-p$). Pada domain $\tau-p$ diharapkan multiple dan sinyal primer dapat terlihat *moveout* sehingga dapat dengan mudah untuk melakukan proses *filtering* [6].

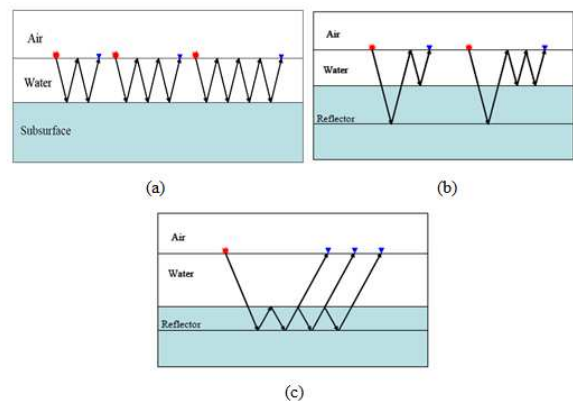
DASAR TEORI

Multiple Gelombang Seismik

Perekam tidak hanya merekam pantulan gelombang primer tetapi juga merekam pantulan multiple yang terpantul di antara reflektor bawah permukaan lebih dari sekali sebelum diterima perekam di permukaan. Refleksi multiple lebih sering di temui pada data seismik laut karena adanya perbedaan impedansi yang sangat tajam antara permukaan air dan udara [3].

Menurut Lilie dan Robert (2006) multiple dapat di bagi menjadi dua jenis berdasarkan lama waktu penjalaran gelombangnya, yaitu *short period multiple* dan *long period multiple*. *Short period multiple* memiliki waktu tiba gelombang yang tidak terlalu jauh dengan waktu tiba gelombang *event* primer, sehingga multiple dalam data seismik tergambaran tidak jauh dari *event* primer sedangkan *Long period multiple* memiliki waktu tiba gelombang yang besar dari pada waktu tiba gelombang primer, sehingga multiple jenis *long period multiple* tergambaran jauh dari *event* primer.

Multiple di kategorikan dalam beberapa jenis akibat proses pembentukannya yaitu, *water-column reverberations*, *peg-leg multiple* dan *intrabed multiple*. *Peg-leg multiple* merupakan multiple yang muncul pada waktu tempuh gelombang refleksi primer di tambah waktu tempuh *sea bottom*. Sedangkan *intrabed multiple* dimana multiple akan muncul pada waktu tempuh gelombang primer *top gamping* di tambah waktu tempuh *shale* [3].



Gambar 1. Multiple berdasarkan akibat proses pembentukan (a) *water-column reverberation*, (b) *peg-leg multiple* (c) *intrabed multiple* (Cao, 2006).

Koreksi NMO

Koreksi *Normal Moveout* (NMO) di terapkan untuk mengkoreksi efek karena adanya jarak *offset* antara *shot point* dan penerima pada satu *trace* yang berasal dari CDP (*Common Depth Point*). Koreksi ini menghilangkan pengaruh *offset* sehingga seolah-olah gelombang pantul datang dari arah vertikal (*normal incident*).

Ketika peledak diaktifkan maka penerima akan menangkap gelombang seismik dari sumber, yang telah dipantulkan oleh lapisan batuan di bawah permukaan. Semakin jauh penerima, maka waktu penangkapan gelombang seismik akan semakin lama, sehingga *event* yang tergambarkan oleh data seismik berupa bentuk hiperbola.

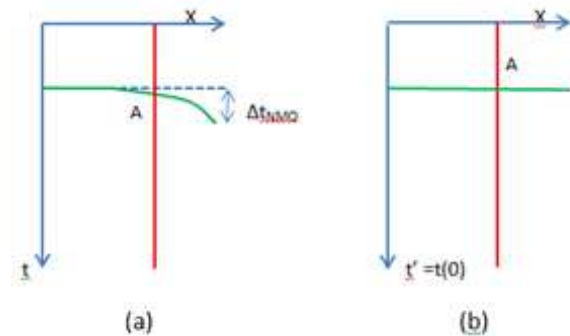
Suatu gelombang yang terpantulkan pada titik refleksi, bergerak dari sumber menuju penerima menempuh waktu lintasan selama $t(x)$. Dengan menggunakan teorema pitagoras, persamaan waktu tempuh gelombang ini dapat ditulis dalam fungsi jarak dapat ditulis seperti pada persamaan 1 [7] :

$$t^2(x) = t^2(0) + \frac{x^2}{v^2} \quad (1)$$

Dimana x adalah jarak antara posisi sumber dan penerima, v adalah kecepatan penalaran gelombang pada medium di atas bidang pemantul, $t(0)$ adalah *two way time* (twi) pada lintasan vertikal. Perbedaan antara twi pada jarak tertentu ($t(x)$) dengan twi pada jarak nol ($t(0)$) merupakan normal moveout.

Seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2 (a) Koreksi NMO pada suatu CMP *gather*. *Event* yang tergambarkan dalam bentuk hiperbola ini tidak mewakili kondisi struktur sebenarnya, sehingga informasi waktu gelombang yang ditangkap oleh penerima, khususnya yang memiliki posisi jauh terhadap sumber. Semakin besar jarak sumber-penerima, maka moveout semakin besar. Selain itu

semakin besar kedalaman lapisan pada jarak sumber-penerima yang tetap, maka moveout semakin kecil sehingga perlu dilakukan koreksi NMO [7].



Gambar 2. Koreksi NMO gather (a) sebelum dilakukan koreksi NMO (b) sesudah dikoreksi NMO gather [7].

Metode Filtering Radon

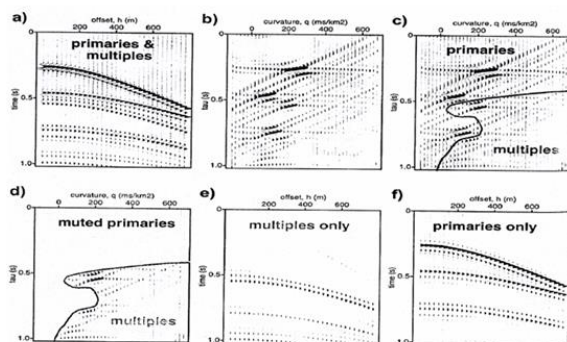
Metode *filtering* menggunakan *differential moveout* antara sinyal primer dan multiple yang dapat di pisahkan di dalam domain *tau-p*, *f-k* atau *domain Radon* untuk menekan multiple. Metode ini terdiri dari *stacking*, *slant-stack*, *f-k filtering* dan *Radon filtering* [8].

Metode *filtering* bekerja efektif ketika multiple dapat di bedakan dari sinyal primernya berdasarkan *differential moveout*. Namun, metode ini gagal untuk data seismik *near-offset* [9].

Radon filtering mempunyai kemampuan untuk memisahkan energi sinyal primer dengan multiple pada transformasi domain karena perbedaan *moveout* kecepatannya. Fungsi kecepatan diestimasi dan digunakan untuk mem-flatkan sinyal primer pada CMP *gather*. *Moveout-corrected gathers* kemudian ditransformasikan ke dalam domain *Radon*. Transformasi ini memetakan *flattened hyperbolic* sinyal primer dari domain *time-offset* ke dalam domain *Radon* dimana multiple terpisahkan dari sinyal primernya. Karena transformasi *forward* dan *inverse* menimbulkan distorsi, multiple diestimasi dalam domain *Radon*, kemudian transformasi

balik ke dalam domain *time-offset*, lalu mengurangkannya pada data awal dan hasilnya hanya data sinyal primer [10].

Prinsip dasar *Radon filtering* ditunjukkan pada Gambar 3 multiple removal menggunakan transformasi radon parabolik. Transformasi *Radon* pertama kali dilakukan transformasi *forward* terhadap data (Gambar 3a) ke dalam model *space* parameter (Gambar 3b) dimana sinyal primer dan multiple akan terpisahkan dengan lebih baik. Tidak seperti transformasi *fourier*, transformasi *Radon* adalah bukan transformasi penuh. Oleh karena itu, untuk menghindari distorsi pada sinyal primer karena transformasi *forward* dan *inverse*, *mute* biasanya dipilih untuk menghilangkan bagian dari *Radon space* yang mengandung sinyal primer (Gambar 3c-d), kemudian multiple tersebut ditransformasikan kembali ke dalam domain *time-offset* (Gambar 3e) lalu dikurangkan pada data awal sehingga yang tersisa hanya sinyal primer (Gambar 3f) [11].

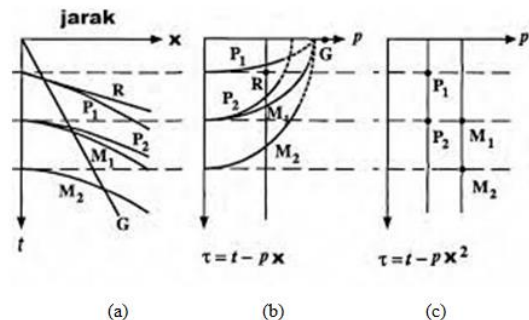


Gambar 3. Multiple removal menggunakan transformasi *radon parabolik*, (a) data awal. (b) setelah transformasi *forward*. (c-d) proses *mute* pada sinyal primer. (e) transformasi *inverse* (f) estimasi sinyal primer setelah (a) dikurangi (e) [11].

Transformasi Radon

Pada prinsipnya metode ini mengubah domain data seismik menggunakan pendekatan *moveout* parabola. Dengan menggunakan *moveout* parabola, domain waktu-jarak (*t-x*) diubah menjadi domain *tau-p* (*intercept-time-parameter sinar*). Hal ini dilakukan karena

pada domain *tau-p* sutau multiple akan mudah di bedakan terhadap data primernya.



Gambar 4. Pemetaan domain CMP Gather (a) menjadi domain *slant stack* (b) dan domain *radon* (c) [9].

Gambar 4. (c) merupakan *domain radon*. Untuk merubah domain data seismik dari waktu-jarak (*t-x*) menjadi domain *tau-p*, terlebih dahulu data seismik dilakukan koreksi NMO. Hal ini dilakukan untuk membawa posisi sumber dan penerima dalam posisi yang sama, sehingga suatu sinar dari gelombang seismik tergambar menjadi suatu sinar yang merambat secara vertikal.

Pemilihan kecepatan *stacking* harus dilakukan dengan benar untuk mengkoreksi *moveout* dari sinyal primer dan bukan untuk multiple. Pada *zero-offset*, kecepatan *primary* lebih besar dari pada multiple sehingga setelah dikoreksi NMO *primary* menjadi *flat*, sedangkan multiple masih memiliki nilai *moveout* tertentu. Transformasi *radon parabolik* memanfaatkan perbedaan tersebut dengan menjumlahkan *amplitude trace* sepanjang garis parabola dari perbedaan *zero-offset* dan *curvature*. Karena itu, transformasi dilakukan dari domain *t-x* ke dalam domain *parabolik moveout (p)* dan domain *zero-offset time (tau)*.

Skematiknya ditunjukkan dalam Gambar 5 yang menunjukkan bahwa *event horizontal* dalam domain *t-x* dipetakan ke dalam strip vertikal dalam domain *tau-p* pada *p=0*. Sedangkan multiple dipetakan dalam domain *tau-p* di wilayah yang jauh dari garis vertikal *p=0*. Separasi ini digunakan untuk mengatenuasi energi multiple dengan cara membuang region *tau-p* di sebelah kanan garis

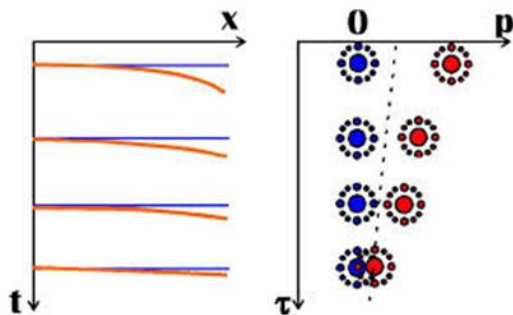
putus-putus Gambar 5, kemudian dilakukan transformasi balik τ -p *primary* ke dalam domain t-x.

Persamaan matematika transformasi radon parabolik dapat dideskripsikan secara kualitatif menjadi persamaan 2 dan 3:

$$y(p, \tau) = \int_{x_{min}}^{x_{max}} z(x, t = \tau + px^2) dx \quad (2)$$

$$z(x, t) = \rho(t) * \int_{p_{min}}^{p_{max}} z(p, \tau = t - px^2) dp \quad (3)$$

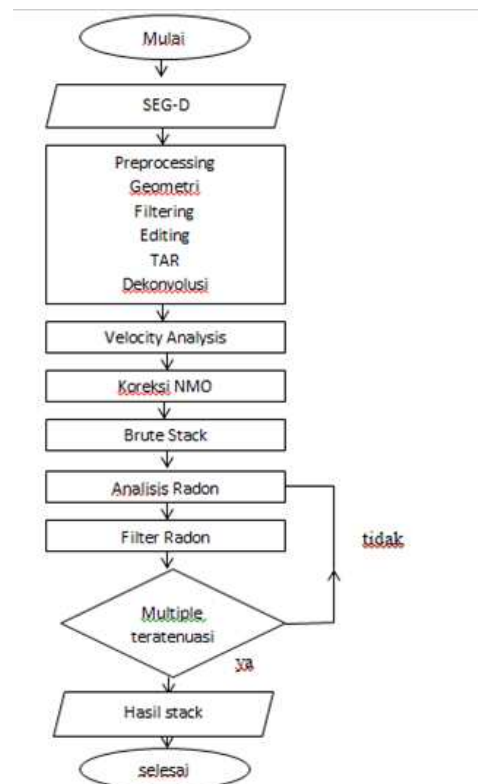
Persamaan 2 merupakan transformasi maju (dari t-x ke τ -p) dan persamaan 3 merupakan transformasi mundur (dari τ -p ke t-x).



Gambar 5. Atenuasi multiple dengan *filtering radon parabolik*, kiri : domain t-x, kanan: domain τ -p [12].

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan beberapa tahapan di mulai dari input data, pengolahan data hingga di peroleh hasil yang dapat dianalisa dan akhirnya dapat di tarik kesimpulan, dimana kesatuan tersebut merupakan suatu rangkaian optimalisasi *processing* data seismik.

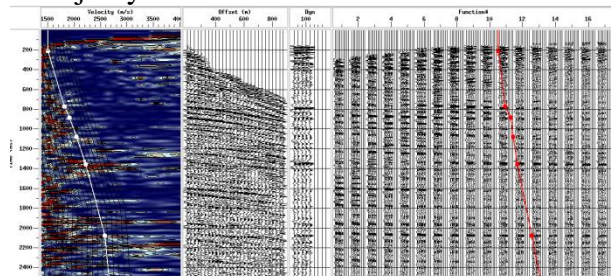


Gambar 6. Alur Studi Atenuasi Multiple

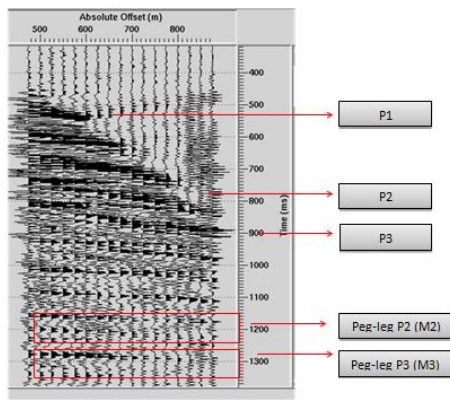
HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Multiple

Proses *picking* kecepatan merupakan tahapan untuk mendapatkan kecepatan NMO yang tepat selanjutnya akan digunakan dalam proses *stacking*. Proses kecepatan analisa ini sangat berpengaruh terhadap hasil *stacking* CMP maupun proses atenuasi multiple selanjutnya.



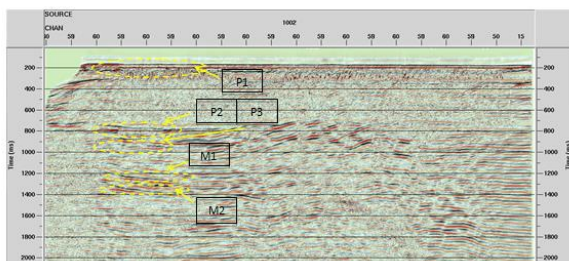
Gambar 7. *Picking* kecepatan



Gambar 8. Analisa multiple pada CDP gather 30 setelah NMO.

Perbedaan kecepatan antara reflektor dengan multiple dilakukan koreksi NMO. Pada Gambar 8 analisa multiple pada CDP gather 30 setelah dilakukan proses koreksi NMO, terlihat ada tiga reflektor, yaitu P1, P2 dan P3. P1 merupakan *sea bed*, selain itu dijumpai juga multiple berjenis *peg-leg multiple* seperti ilustrasi pada Gambar 4.3 dari reflektor ke-2 dan reflektor ke-3. *Peg-leg multiple* dari reflektor ke-2 berada pada time 1250 ms, yaitu didapat dari penjumlahan time 500 ms (P1) dengan time 750 ms (P2). *Peg-leg multiple* (P3) berada pada time 1320 ms, yaitu dari penjumlahan time 500 ms (P1) dengan time 820 ms (P3).

Multiple jenis ini disebut *peg-leg multiple* karena multiple ini muncul pada TWT reflektor ditambahkan dengan reflektor pertama yang notabene adalah *water bottom*.



Gambar 9. Brute Stack

Gambar 9 merupakan penampang *brute stack*. Gambar memperlihatkan bahwa setelah proses *stacking* dilakukan, di temukan beberapa multiple berupa *peg-leg multiple* dari

reflektor kedua atau reflektor ketiga. Sebagai contoh, *peg-leg multiple* dari reflektor kedua (*peg-leg multiple* P2) berada pada TWT (*two way time*) 1250 ms, yaitu didapat dari penjumlahan TWT reflektor kedua 750 ms dengan TWT pertama 500 ms, dan keduanya berpatokan pada CDP 30.

Atenuasi Multiple Menggunakan Metode Filtering Radon

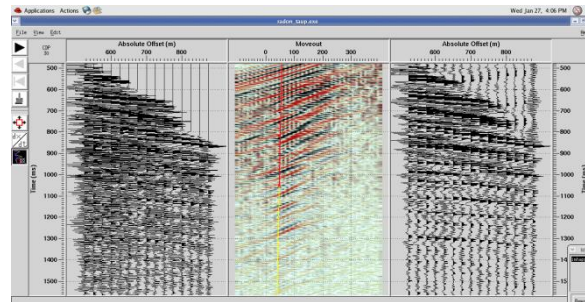
Proses atenuasi multiple pada CMP gather, penulis menggunakan *interactive Radon/Tau-p Analysis* dalam modul ProMAX. Pada prinsipnya mentransformasi data ke dalam domain *time-moveout* agar mempermudah *picking mute* untuk melemahkan energi *moveout* yang tidak diinginkan.

Interactive Radon/Tau-p Analysis ini memasukan *input* parameter sebelum dilakukan *filter radon*. Parameter yang digunakan pada metode ini, *number of P-value*, jumlah *trace* dalam ruang *radon transform* biasanya bernilai 20 hingga 40. *Minimum and maximum P-value of interest* (ms) yang dimasukkan adalah -100 dan 400, yaitu nilai sebenarnya tergantung pada kondisi geografis di lapangan, kecepatan dari multiple, dan *offset* yang digunakan pada perekaman data. *Minimum and maximum time of interest* (ms) yang dimasukkan adalah 200 dan 2000, yaitu nilai minimum dan maksimum data yang akan di-*filter*, data diluar nilai tidak berubah. *Minimum and maximum frequency of interest*, yaitu nilai frekuensi yang akan di-*filter* 6 dan 120. *Type of transform to perform*, yaitu tipe *radon transform* untuk mereduksi multiple dimana tipe ini adalah parabolik. *Damping for radon solution*, yaitu nilai fraksional dari proses damping untuk menstabilkan solusi matrix pada *radon space* dari data input. *Sparseness parameter*, yaitu nilai *sparseness* yang diukur sebagai fraksi pada diagonal matrix utama. *Sparseness stability parameter* dipilih 0.01, parameter ini mencegah terjadinya pembagian oleh nol.

Input dari analisa radon adalah CMP gather yang telah dilakukan koreksi NMO hasil dari analisa kecepatan. Pada gather yang telah dikoreksi NMO *event primary* akan *flat*, namun *multiple* akan memiliki residual *moveout* yang akan semakin bertambah menuju *far offset*. Karena perbedaan *moveout* antara sinyal primer dan *multiple*, maka keduanya akan mudah dibedakan pada domain *radon*.

Pada perangkat lunak ProMAX, Radon Analysis mendisplay data dengan sumbu *time versus residual moveout*. *Primary* akan memiliki zero residual *moveout* ($p=0$) dalam domain *radon*, sedangkan *multiple* akan memiliki residual *moveout* positif sehingga *multiple* akan berada pada zona $p>0$. *Overcorrected* event berada pada zona residual *moveout* negatif. *Picking mute* dilakukan pada daerah dengan nilai *moveout* positif yang diyakini *multiple* berada pada daerah tersebut.

Secara ideal, data primer yang di transformasikan ke dalam domain tau-p akan memiliki $p=0$, namun pada pembuatan desain *muting* *multiple* tidak di tepatnya nilai $p=0$ melainkan data yang memiliki p disekitar nol tetap di jaga. Hal ini karena kecepatan RMS yang di peroleh dari proses analisa kecepatan tidak seratus persen benar. Oleh karena itu kecepatan yang tersebut merupakan kecepatan yang mendekati nilai yang paling benar. Apabila kecepatan yang di peroleh dari proses analisa kecepatan belum seratus persen kebenarannya, digunakan untuk *input* metode *radon* maka p primer tidak tepat $p=0$ melainkan mendekati $p=0$. Kondisi inilah pembuatan desain *muting* tidak tepat di samping $p=0$.

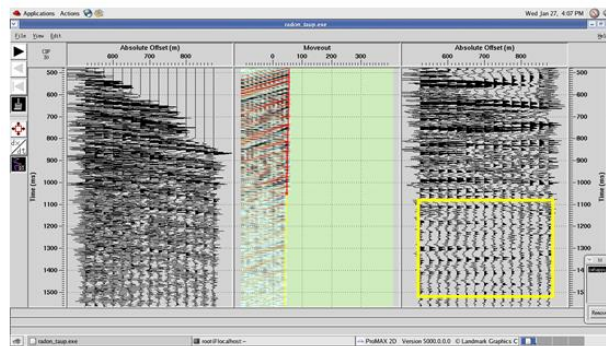


Gambar 10. Analisa Radon pada CDP gather pada proses *muting* dalam domain *radon*

Setelah proses *muting radon*, *multiple* berkurang yang ditunjukkan pada kotak berwarna kuning pada Gambar 11. Pada awal pembuatan desain *muting multiple* tidak selalu memperoleh hasil yang tepat, sehingga pembuatan desain *muting* dilakukan secara coba – coba (*trial and error*). Selain dengan melihat gambar hasil *radon*, kualitas metode *radon* juga dapat dilihat pada data yang di buang, yaitu *multiple*.

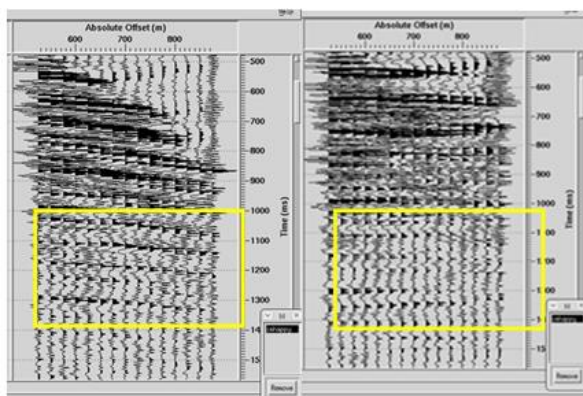
Data *multiple* didefinisikan sebagai selisih antara *input* dengan *output* metode *radon*. Data selisih antara *input* dengan *output* metode *radon* dapat memastikan bahwa data yang terbuang adalah data *multiple* sedangkan data primer tetap terjaga.

Setelah proses *radon* analisis, maka dilakukan *Radon Filter* dengan memasukan hasil *muting* dari proses *radon* analisis sebelumnya. Secara umum *radon filter* digunakan untuk menekan *multiple* dengan meloloskan energi *primary*. Transformasi *radon* dapat membedakan antara *primary* dan *multiple* berdasarkan pada residual *moveout* dari *near* hingga *far offset*. Bentuk parabolik dari transformasi *radon* digunakan karena *multiple* masih mempunyai bentuk parabolik setelah dikoreksi NMO.



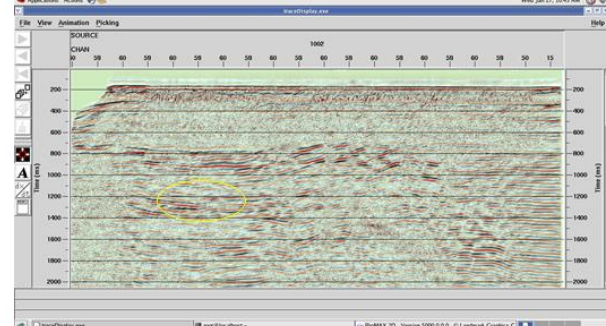
Gambar 11. Analisa Radon pada CDP gather setelah muting radon

Gambar 12 menunjukkan *supergather* pada CDP 30 sebelum dan sesudah proses *filtering radon* yang terkoreksi NMO. Terlihat bahwa *supergather* setelah *filtering radon* mengalami pelemahan multiple seperti yang ditunjukkan pada kotak warna kuning.

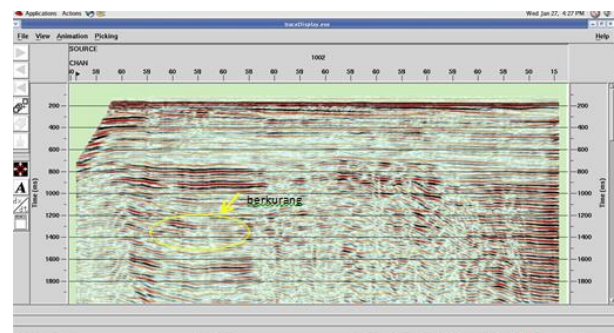


Gambar 12. (a) sebelum dan (b) sesudah *filtering radon*

Pada gambar 14, terlihat batas perlapisan batuan lebih jelas daripada data sebelum dilakukan metode radon seperti gambar 13. Pada data sebelum dilakukan radon, multiple yang berada pada time 1250 ms untuk *pegleg multiple* reflektor P2 dan 1320 ms untuk *pegleg multiple* reflektor P3 telah berkurang dan mendekati sinyal primer yang berada pada P2 time 750 ms dan P3 time 820 ms. Pada data hasil metode radon dalam penampang terlihat lebih bersih karena telah mengalami proses atenuasi, sehingga dikatakan kualitas data seismik mengalami peningkatan.



Gambar 13. penampang *brute stack* sebelum *filtering radon*



Gambar 14. penampang *brute stack* setelah *filtering radon*

Table 1. Perbandingan respon *filtering radon*

Event	Sebelum radon	Setelah radon
P1	Baik	Baik
P2	Baik	Baik
P3	Baik	Baik
M1	Ada	Cukup melemah
M2	Ada	Cukup melemah

Table 1 menunjukkan bahwa multiple setelah mengalami atenuasi menggunakan *radon filter* terlihat adanya pelemahan multiple.

KESIMPULAN

Hasil-hasil dari penelitian yang telah dilakukan, memberi kesimpulan sebagai berikut:

1. Multiple jenis *peg-leg multiple* ditunjukkan pada penampang *brute stack* dari hasil metode konvensional.
2. Hasil respon *filtering radon* menunjukkan bahwa multiple setelah dilakukan *filtering*

radon menunjukkan pelemahan multiple pada *pegleg multiple* reflektor P2 time 1250 ms yang mendekati sinyal primer pada P2 time 750 ms, dan *pegleg multiple* reflektor time 1320 ms yang mendekati sinyal primer 820 ms.

SARAN

Berdasarkan hasil-hasil yang telah diperoleh pada penelitian ini, dapat direkomendasikan saran untuk penelitian lebih lanjut yaitu :

1. Perlu dilakukan proses *analisis velocity* kedua untuk mendapatkan hasil penampang yang lebih optimal.
2. Metode filtering radon gagal untuk mengatenuasi multiple pada laut dangkal sehingga dapat menggunakan metode *dekonvolusi periodicity multiple* untuk mengatenuasi *short period multiple*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Sukmono. 2000. *Seismik Inversi Untuk Karakterisasi Reservoir*. Departemen Teknik Geofisika ITB. Bandung.
- [2]. Prihadi, S. 2004. *Interpretasi Seismik Geologi*. Institut Teknologi Bandung : Bandung
- [3]. Cao, Zhihong. 2006. *Analysis and Application of the Radon Transform*. University of Calgary .
- [4]. Voss, Daryn and Hearn, S. 2003. *Seismic Multiple Attenuation Based on Prestack Reflectivity Modelling* : 16 th Geophysical Conference, Adelaide :ASEG 2003
- [5]. Lillie dan Robert, J. 1999. *Whole earth Geophysics*. Prentice-Hall Inc : New Jersey.
- [6]. Dragoset, Dkk. 2010. *A Perspective on 3D Surface-Related Multiple Elimination*. Geophysics Journal Volume 75, No. 5.
- [7]. Tricahyono, Wahyu, 2000. *Eliminasi Multipel Dengan Menggunakan Transformasi Radon Parabola*. Surabaya: Jurusan Fisika FMIPA ITS
- [8]. Xiao et al. 2003. *Multiple suppression : A literature review*. CREWES Research Report – Volume 15.
- [9]. Yilmaz, Oz. 2001. *Seismic Data Analysis Volume 2*. Tulsa: Society of Exploration Geophysics
- [10]. Berndt, C dan Moore, G.F. 1999. *Dependence of Multiple- Attenuation Techniques on the Geologic Setting*. A Case Study : Offshore Taiwan The Leading Edge, 18, 78-80
- [11]. Kabir, M.M.N., and Marfurt, J.J. 1999. *Toward true amplitude multiple removal*. The Leading Edge, 18, 66-73
- [12]. Alvarez, Gabriel. 2001. *Multiple Suppression with Land Data*. A Case Study : Stanford Exploration Project, Report 108..